

# ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ РЕЗКИ НА СТРУКТУРУ МЕТАЛЛА

**Веретнова Т.А.**

*Руководитель – доцент, к.т.н. Ковалева А.А., доцент, к.т.н. Шестаков И.Я.*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

При электроконтактной резке на заготовку оказывается одновременно электрическое, тепловое и механическое воздействие путем непосредственного контакта вращающегося инструмента с обрабатываемым изделием при подводе в зону контакта электрического тока большой плотности.

Основными технологическими показателями, характеризующими процессы электроконтактной обработки, являются:

- 1) производительность или скорость съема металла с обрабатываемой детали в единицу времени, мм<sup>3</sup>/мин или кг/ч;
- 2) удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг;
- 3) качество обработанной поверхности (шероховатость поверхности, глубина измененного слоя, подвергшегося термическому воздействию, наличие микротрещин на обработанной поверхности)[3].

Цель проводимых исследований – снижение удельных энергозатрат при ЭКО и улучшение качества обрабатываемой поверхности.

Для этого необходимо согласовать подачу вращающегося дискового электрод-инструмента со скоростью движения теплового фронта. Это достигается путем снижения температуры в зоне контакта электрод-инструмента и заготовки до температуры рекристаллизации, которая составляет (0,4÷0,6) температуры плавления заготовки (для сплавов). Раннее резка проводилась при температуре плавления в зоне контакта.

Скорость подачи дискового электрод-инструмента рассчитывается по формуле:

$$V_{II} = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{T_p \delta \sqrt{\pi \cdot \lambda \cdot c \cdot \rho \cdot t}},$$

где  $I$  – сила тока, А;  $U$  – напряжение, В;  $\eta$  – КПД установки;  $T_p$  – температура рекристаллизации металла или сплава, К;  $\delta$  – толщина заготовки, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/м·К;  $c$  – теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/кг·К;  $\rho$  – плотность обрабатываемого материала, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – время от начала действия источника тепла до нагрева выбранной точки обрабатываемой заготовки до температуры рекристаллизации, сек.

Для проведения экспериментальных исследований использовались образцы в виде поллой трубы из стали, сплава алюминия и меди. Обработка проводилась в воздушной среде без применения дополнительных жидких или газообразных сред. Дисковый электрод-инструмент изготовлен из низкоуглеродистой стали.

Металлографический анализ исследуемых образцов показал, что в процессе ЭКР на деталь оказывается термическое влияние, вследствие которого в поверхностном слое возникают структурные изменения, приводящие к изменению механических свойств поверхностного слоя обрабатываемой детали.

Анализ образцов из стали марки Ст.3(рисунок 1) показал, что. нигде по сечению трубы нет дендритной структуры, т.е. оплавления при данных режимах обработки не происходит. Имеет место разогрев выше критических температур фазовых превращений, о чем свидетельствует изменение структуры по сечению трубы. На поверхности, где происходит наиболее сильный разогрев, наблюдается ярко выраженная мелкодисперсная закаленная структура. Дальнейшее охлаждение идет при меньшем перепаде температур – наблюдается зона пластинчатой структуры, что можно объяснить нагревом ниже критических температур.

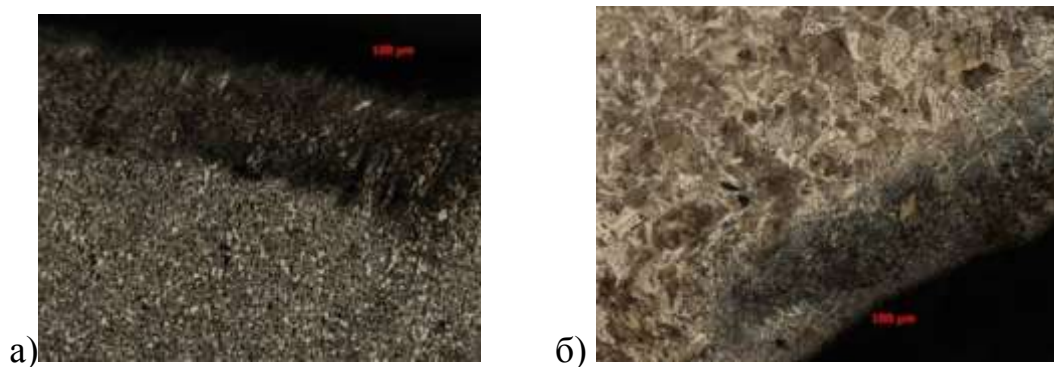


Рисунок 1 – Структура стальных труб: а)  $I=40A$ ; б)  $I=65 A$ .

Это подтверждают и результаты исследования твердости по сечению трубы (образца). К середине, если рассматривать стенку по толщине, твердость падает (т.е. термическое влияние минимально), а затем, к краю, снова растет.

При анализе алюминиевых образцов пришли к выводу, что резка трубы из алюминиевого сплава при токе  $I=19A$  приводит к отслоению верхнего слоя. Частицы металла как бы прилипают к поверхности, образуя неровную «корочку». Внутри труба имеет мелкозернистое строение, такая структура сохраняется при увеличении силы тока при резке от 19 до 65А. Увеличение силы тока позволяет нагревать большие объемы образца до более высоких температур, время остывания увеличивается, что позволяет зерну расти.

Интересно отметить, что увеличение сечения трубы приводит к образованию микро и макротрещин от поверхности к сердцевине трубы, вероятно, это связано с большим перепадом внутренних температур, возникающих при резке в металле, и возникновению в связи с этим больших внутренних напряжений. С учетом выше сказанного делаем вывод, что наиболее приемлемым током при ЭКР для алюминиевых труб является 19А и 32А (рисунок 2).

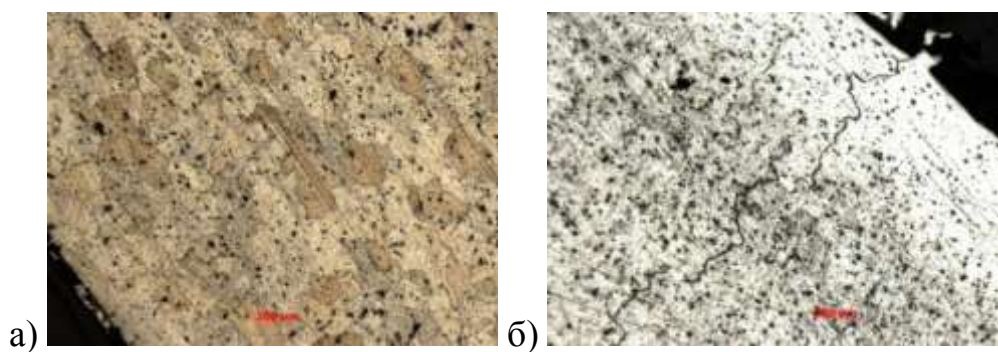


Рисунок 2 – Труба алюминиевая: а)  $I=19$  А (продольный разрез); б)  $I=32$  А (продольный разрез).

Увеличение силы тока до 50 А способствует развитию трещин, что негативно сказывается на качестве заготовок

При металлографическом исследовании медных образцов наблюдается то же строение, что и у алюминиевых. Однако за счет теплопроводности рост зерен происходит быстрее и глубина измененных слоев больше, чем у алюминиевых труб. На рисунке 3 показаны поверхностные отделения размягченного слоя. Кусочки металла как бы приклеены к поверхности трубы. Они не образуют сплошности и имеют пустые пространства.

Наилучшая структура была получена также при токах 19 А и 32 А.

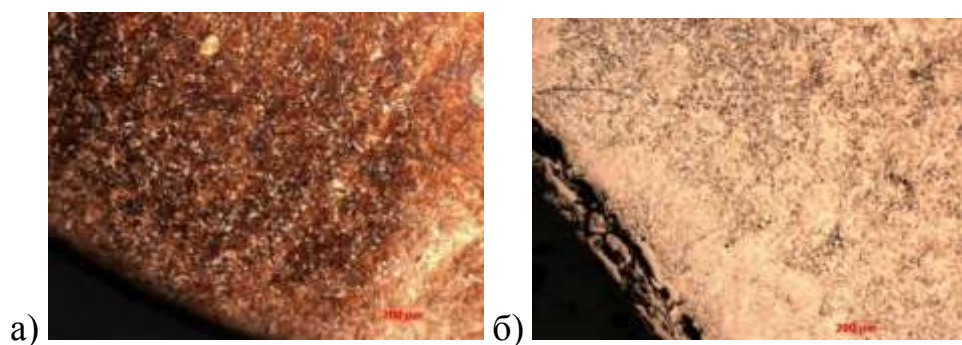


Рисунок 3 – Труба медная: а)  $I=19$  А (продольный разрез); б)  $I=32$  А (продольный разрез).

Таким образом, металлографический анализ подтверждает, что температура в зоне реза при  $I=19$ А и  $I=32$ А равна температуре рекристаллизации, что достигается изменением подачи электрода-инструмента.

## ВЫВОД

В процессе исследования, был получен металлографический анализ, подтверждающий, что при резке стальных, алюминиевых и медных труб при соблюдении рекомендуемых режимов резки, металл в зоне контакта с режущим инструментом нагревается до температуры рекристаллизации, что позволяет значительно увеличить эффективность электроконтактной обработки.